



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09082665 A**(43) Date of publication of application: **28.03.97**

(51) Int. Cl.

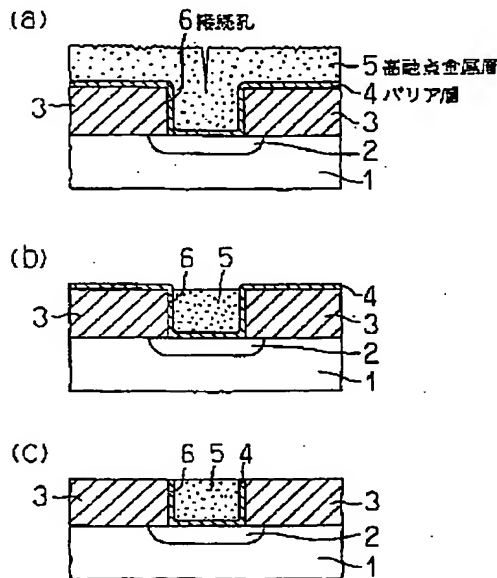
**H01L 21/28****H01L 21/28****C23F 4/00****H01L 21/3065**(21) Application number: **07236820**(71) Applicant: **SONY CORP**(22) Date of filing: **14.09.95**(72) Inventor: **YANAGIDA TOSHIHARU****(54) FORMATION OF CONTACT PLUG****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of forming a contact plug, which can fill a connection hole opened in an interlayer insulating film in the insulating film with a good flatness by etching back a tungsten layer formed by a blanket CVD method.

**SOLUTION:** A high-melting point metal layer 5, such as a W layer, is formed on the whole surface of an interlayer insulating film 3 comprising a connection hole 6 by a blanket CVD method and is etched back using a gas, which contains H and O as its constituent elements, and a gas, which can generate fluorine chemical species. A gas, which can produce sulfur liberating in plasma, may be used under the condition of a two-stage etching and a discharge dissociation. Thereby, a loading effect based on an excessive F radical can be prevented from being generated and an etch-back, which does not abnormally erode, becomes possible. By performing the two-stage etching, the throughput of the layer 5 is increased. Moreover, the high-smoothness etched-back surface of the layer 5 is obtained utilizing a competitive reaction of deposition of the sulfur with

the etching. By these effects, the formation of a highly reliable contact plug becomes possible.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-82665

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/28	3 0 1		H 0 1 L 21/28	3 0 1 R
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	F
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	E
				F
				L
審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-236820

(22) 出願日 平成7年(1995)9月14日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 柳田 敏治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

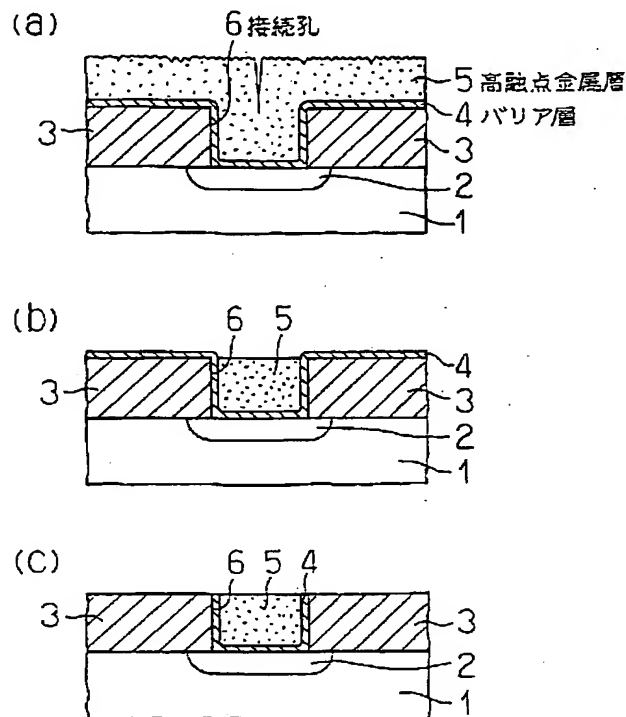
## (54) 【発明の名称】 コンタクトプラグの形成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ブランケットCVDタングステン層のエッチバックにより、層間絶縁膜に開口した接続孔を平坦性よく埋め込むことが可能なコンタクトプラグの形成方法を提供する。

【解決手段】 接続孔6を含む層間絶縁膜3上全面にW等の高融点金属層5をブランケットCVDで形成し、HおよびOを構成元素とするガスとフッ素系化学種を発生しうるガスとを用いてエッチバックする。2段階エッチングや、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを生成しうるガスを用いてもよい。

【効果】 過剰のフラジカルに基づくローディング効果を防止でき、異常浸食のないエッチバックが可能となる。2段階エッチングを施すことにより、スループットが向上する。またイオウの堆積とエッチングとの競合反応を利用して、平滑性の高いエッチバック表面が得られる。これら効果により、信頼性の高いコンタクトプラグの形成が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 接続孔を有する層間絶縁膜上全面に形成された高融点金属層にエッチバックを施し、前記接続孔内にコンタクトプラグを形成するコンタクトプラグの形成方法において、

前記エッチバック工程は、

少なくともHおよびOを構成元素とするガスと、フッ素系化学種を発生しうるガスとを含むエッチングガスとを用いて、前記高融点金属層をプラズマエッチングする工程であることを特徴とするコンタクトプラグの形成方法。

【請求項2】 接続孔を有する層間絶縁膜上全面に形成された高融点金属層にエッチバックを施し、前記接続孔内にコンタクトプラグを形成するコンタクトプラグの形成方法において、

前記エッチバック工程は、

少なくともフッ素系化学種を発生しうるガスを主体とするエッチングガスを用いて、前記高融点金属層をプラズマエッチングによりジャストエッチングする第1のエッチバック工程と、

少なくともHおよびOを構成元素とするガスと、フッ素系化学種を発生しうるガスとを含むエッチングガスを用いて、前記高融点金属層をプラズマエッチングによりオーバーエッチングする第2のエッチバック工程を、この順に施すことを特徴とするコンタクトプラグの形成方法。

【請求項3】 接続孔を有する層間絶縁膜上全面に形成された高融点金属層にエッチバックを施し、前記接続孔内にコンタクトプラグを形成するコンタクトプラグの形成方法において、

前記エッチバック工程は、

少なくともHおよびOを構成元素とするガスと、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを生成しうるハロゲン化イオウ系化合物ガスとを含むエッチングガスを用いるとともに、被エッチング基板を室温以下に制御しつつプラズマエッチングする工程であることを特徴とするコンタクトプラグの形成方法。

【請求項4】 高融点金属層の下面に接して、バリア層を有することを特徴とする、請求項1ないし3いずれか1項記載のコンタクトプラグの形成方法。

【請求項5】 HおよびOを構成元素とするガスは、H<sub>2</sub>OおよびH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>から選ばれる少なくとも1種であることを特徴とする、請求項1ないし3いずれか1項記載のコンタクトプラグの形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体装置等の製造分野で適用されるコンタクトプラグの形成方法に関し、さらに詳しくは、接続孔を含む層間絶縁膜上全面に形成

された高融点金属層のエッチバック工程により、コンタクトプラグを形成する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 LSI等の半導体装置の高集積度化、高性能化が進展するに伴い、半導体チップ上では配線部分が占有する面積の割合が増加する傾向にある。これによる半導体チップ面積の増大を避けるためには、多層配線およびコンタクト電極による層間接続が必須のプロセスとなっている。従来、電極・配線形成方法としては、AlやAl合金をスパッタリングにより形成することが広く行われてきた。しかし、上述のように配線の多層化が進展し、その結果として半導体基板の表面段差や接続孔のアスペクト比の増大が顕著となりつつある状況下においては、スパッタリングによる堆積方法ではステップカバレッジの不足による接続不良や断線が重大な問題となってきた。

【0003】 そこで近年、W、Mo、Ta等の高融点金属層やAl、Al合金、Cu等の金属を接続孔内に選択的に成長させて埋め込む、各種の選択CVDが提案されている。この選択CVDは、金属ハロゲン化物や金属カルボニル、有機金属化合物等のソースガスを、接続孔底部に露出する下層配線材料により還元して構成金属を接続孔内に選択的に析出させるものである。しかし、選択CVDは同一CVD装置で連続処理を重ねると次第に選択性が劣化し、層間絶縁膜上等、不所望の部位にも金属が析出する傾向がある。また、ネイルヘッドと呼称される接続孔上の過剰成長部分をエッチバック除去する際の制御性に乏しいこと等の未解決の問題があり、未だ実用レベルに達していないのが現状である。

【0004】 かかる実情に鑑み、選択CVDに代わって見直されつつあるのがブランケットCVDによる電極・配線形成方法である。ブランケットCVDは、成長下地面の化学的性質のいかんに関わらず、下地全面に選択性無く析出することからかかる名称が付けられる。一例として、接続孔が開口された層間絶縁膜の全面を被覆して、この接続孔を埋め込むようにW等の高融点金属層を形成するプロセスが代表例である。なお、ブランケットCVDによるWのコンタクトホール埋め込みに関する解説記事が、例えば月刊セミコンダクターワールド誌1990年11月号220ページに掲載されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、ブランケットCVDにより高融点金属層を接続孔内に埋め込んで平坦化し、いわゆるコンタクトプラグとして使用するためには、層間絶縁膜上にも堆積した不要の高融点金属層をエッチバックして除去する後処理が当然必要となる。このエッチバック工程は、通常SF<sub>6</sub>等のフッ素系化学種を発生しうるガスを用いてラジカルモードを主体とするプラズマエッチングを施すが、ウェハ面内あるいはウェハ間における処理の不均一性を考慮して、例えば数10

3

%前後のオーバーエッチングを施すことが通常行われる。ところが、ブランケットCVD膜の厚さのばらつきや、エッチング装置のプラズマ密度の疎密、あるいは基板ステージの温度分布等に起因して、エッチバック工程中の比較的早い時期に下地の層間絶縁膜が露出する領域がある。この領域では、エッチング種であるフッ素ラジカル ( $F^*$ ) の反応の相手、すなわち高融点金属層の露出表面積の減少の結果、エッチング種の濃度が他の部分に比して相対的に上昇する。このため、この領域では局部的にエッチングレートが上昇し、せっかく接続孔内に平坦に埋め込まれた高融点金属層やバリア層が大きく浸食される現象がしばしば見られる。このように、同一被エッチング基板上で被エッチング層のパターン密度に疎密が生じる結果、エッチング速度にばらつきが生じる現象は、一般にローディング効果と呼ばれる。

【0006】ローディング効果発生による問題点を、図3を参照して説明を加える。同図は従来のブランケットCVDによる高融点金属層のエッチバック工程を説明する概略断面図である。被エッチング基板として図3

(a) に示すように、不純物拡散層2を形成したSi等の半導体基板1上に、この不純物拡散層2に臨む接続孔6を開孔したSiO<sub>2</sub>等からなる層間絶縁膜3を形成する。この基板全面を覆うように、TiおよびTiNを順次スパッタリングしてバリア層4を形成し、この上にブランケットCVDによりWからなる高融点金属層5を形成する。高融点金属層5の表面は、一般的に微細な凹凸面となって形成される。この理由は、ブランケットCVDは、一般に微細な柱状結晶の集合体として成長が進むためである。つぎにエッチバック工程に移る訳であるが、このときSF<sub>6</sub>のようなフッ素系化学種を発生しうるガスを用いてエッチバックを行うと、高融点金属層5の薄い部分、あるいはエッチング速度が大きい領域においては、バリア層4が早い時期に露出し、この露出面付近ではミクロに見て $F^*$ が過剰となる。この過剰の $F^*$ は、接続孔6に埋め込まれた高融点金属層5の平坦面に集中し、図3(b)に示すようにオーバーエッチングを行っている間に大きな高融点金属層の浸食部7を発生する。

【0007】さらにエッチング条件を変え、バリア層4をCl系ガスでエッチバックすると、今度は層間絶縁膜3が早期に露出した部分で塩素ラジカル ( $Cl^*$ ) が反応の相手を失うので、この部分で $Cl^*$ が過剰となる。過剰の $Cl^*$ は、接続孔の側壁に形成されているバリア層4のわずかな露出面に集中しこれをアタックする。この結果、図3(c)に示すように深いバリア層の浸食部8を形成するに至る。また、ブランケットCVDによる高融点金属層の表面モロロジが、そのまま層間絶縁膜3の表面に転写され、層間絶縁膜3の表面に凹凸が形成される問題もある。

【0008】ここに述べたローディング効果によるエッ

4

チバック形状の不均一やコンタクトプラグ形状の悪化は、ブランケットCVDによる高融点金属層を用いる多層配線プロセスの実用化をはばむ一因となっている。すなわち、コンタクトプラグに異常浸食部があると、上層配線との電氣的接続が不完全なものとなり、抵抗値の上昇、オーミック性の低下、エレクトロマイグレーションの発生等が問題化する。また、コンタクトプラグ上に形成する上層配線の平坦性や平滑性が低下するので、上層配線上のレジスト層のパターニングリソグラフィ時のD OF (Depth of Focus) マージンの低下や、露光の乱反射による形状悪化も問題である。今後、被エッチング基板の大口径化が進展し、エッチング装置は枚葉式が主流になると考えられる。このため、スループットの低下を招かないように高密度プラズマを用いた高速エッチングが求められるが、枚葉式エッチング装置のプラズマ密度の均一性にも改善の余地が残されている状況を考えると、ローディング効果の影響を受けない高融点金属層のエッチバック方法の開発が急務となる。

20 【0009】したがって本発明の課題は、ローディング効果による異常浸食や形状悪化のない高融点金属層のエッチバック方法による、信頼性の高い安定なコンタクトプラグの形成方法を提供することである。

【0010】また本発明の別の課題は、エッチバックにより接続孔内に埋め込んだ高融点金属層やバリア層、あるいは層間絶縁膜の表面を平滑化し、さらにこの上層に形成する上層配線の表面をも平滑に形成し、信頼性の高い安定な多層配線構造の半導体装置を提供することである。

30 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明のコンタクトプラグの形成方法は、上述の課題を解決するために提案するものであり、第1の発明(請求項1)においては、接続孔を有する層間絶縁膜上全面に形成された高融点金属層にエッチバックを施し、前記接続孔内にコンタクトプラグを形成するコンタクトプラグの形成方法において、前記エッチバック工程は、少なくともHおよびOを構成元素とするガスと、フッ素系化学種を発生しうるガスとを含むエッチングガスとを用いて、プラズマエッチングする工程であることを特徴とするものである。

40 【0012】また本発明のコンタクトプラグの形成方法における第2の発明(請求項2)においては、接続孔を有する層間絶縁膜上全面に形成された高融点金属層にエッチバックを施し、前記接続孔内にコンタクトプラグを形成するコンタクトプラグの形成方法において、このエッチバック工程は、少なくともフッ素系化学種を発生しうるガスを主体とするエッチングガスを用いて、高融点金属層をジャストエッチングする第1のエッチバック工程と、少なくともHおよびOを構成元素とするガスと、フッ素系化学種を発生しうるガスとを含むエッチン

グガスを用いて、高融点金属層をオーバーエッチングする第2のエッチバック工程を、この順に施すことを特徴とするものである。なおジャストエッチング工程とは、下地の層間絶縁膜やバリア層表面が露出する直前あるいはこれら下地の極く1部が露出するまでのエッチバック工程を意味する。

【0013】さらにまた本発明のコンタクトプラグの形成方法における第3の発明（請求項3）においては、接続孔を有する層間絶縁膜上全面に形成された高融点金属層にエッチバックを施し、接続孔内にコンタクトプラグを形成するコンタクトプラグの形成方法において、このエッチバック工程は、少なくともHおよびOを構成元素とするガスと、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを生成しうるハロゲン化イオウ系化合物ガスとを含むエッチングガスを用いるとともに、被エッチング基板を室温以下に制御しつつプラズマエッチングする工程であることを特徴とするものである。

【0014】第3の発明で用いる放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを生成しうるイオウ系化合物ガスとしては、Xをハロゲン元素とした場合、X/S比が6未満のハロゲン化イオウ系ガスである $S_2 F_2$ 、 $S F_2$ 、 $S F_4$ 、 $S_2 F_{10}$ 、 $S_2 C l_2$ 、 $S_2 C l_3$ 、 $S C l_2$ 、 $S_2 B r_2$ 、 $S_3 B r_2$ および $S B r_2$ が例示できる。またハロゲン化イオウではないが $H_2 S$ でもよい。これらを単独または組み合わせて使用できる。フッ化イオウ系ガスとして汎用されている $S F_6$ はF/S比が6であり、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを生成することは困難であるのでこれを除外する。またここで言う室温以下とは、通常の半導体装置の製造に供するクリーンルームの温度以下の意味であり、通常は約25℃以下である。温度の下限は特に限定するものではないが、チラーによる冷媒循環や液体窒素温度の供給により基板ステージを冷却しうる温度として、-数十℃から-百数十℃が目安となる。

【0015】いずれの発明においても、HおよびOを構成元素とするガスとしては $H_2 O$ （水蒸気）および $H_2 O_2$ のうちの少なくとも1種であることが望ましい。また混合物として市販の過酸化水素水（30%あるいは2.5~3.0%）を用いてもよい。これらはいずれも液体ソースであるので、He等のキャリアガスによるバブリング、加熱気化あるいは超音波気化等の手法によりエッチバックチャンバ内に導入する。またフッ素系化学種を発生しうるガスとしては特に限定するものではないが、 $S F_6$ 、 $N F_3$ 、 $C F_4$ 、 $C l F_3$ 、 $X e F_2$ および $F_2$ 等、プラズマ中に $F^*$ や $F^+$ を発生しうる一般的なガスのことをいう。

【0016】またいずれの発明においても、その好ましい実施態様においては高融点金属層の下面に接して、すなわち層間絶縁膜や接続孔の上面に接してTi、TiN、TiON、TiSi<sub>2</sub>あるいはWN等のバリア層を

有する事が望ましい。

【0017】第1ないし第3の発明を一貫する技術的思想は、エッチングガス中に少なくとも $H_2 O$ や $H_2 O_2$ を添加し、これらのガスの解離によりプラズマ中にH原子とO原子を供給する点にある。プラズマ中のH原子はW等高融点金属層のエッチャントである $F^*$ を捕捉し、HFないしHOFの形でエッチングチャンバ外へ除去して、エッチング反応系の $F^*$ 濃度を制御する。これによりオーバーエッチング時の早期に露出したコンタクトプラグ表面への $F^*$ の集中が緩和され、ローディング効果による異常浸食や形状悪化が防止される。一方プラズマ中のO原子は、Wを始めとする高融点金属層の表面を酸化し、酸化反応とエッチング反応が競合する形でエッチバックが進行する。このためエッチングの反応生成物として $W F_x$ 等のフッ化物の他に、 $W O F_x$ 等のオキシフッ化物も多く生成されるようになる。これら化合物のうちの代表的な化合物である $W F_6$ および $W O F_4$ の沸点は、CRC Handbook of Chemistry and Physics, 75th. Edition (1994-1995)によれば17.5℃および187.5℃である。すなわち、Wのオキシフッ化物はWのフッ化物に比して沸点が高く、したがって蒸気圧が小さいので、被エッチング層上からの反応生成物の脱離にはある程度のエネルギーを有するイオン衝撃が必要である。このため、従来はほとんどラジカル反応に依存していたエッチバックの形態が、イオンアシスト反応の要素を多く持つようになるため、オーバーエッチング時の過剰ラジカル反応に起因するローディング効果による異常浸食や形状悪化がこの面からも防止される。さらに従来のフッ素系化学種を発生しうるガスを主体としたエッチバックと比較して、プラズマ中のO原子の存在することにより、下地のSiO<sub>2</sub>等の層間絶縁膜とのエッチング選択比が向上し、この層間絶縁膜の膜減りが軽減される作用も有する。

【0018】第2の発明においては、エッチバックを2段階化し、ジャストエッチング工程のエッチングレートが高めることによりスループットの高いエッチバックが可能となる。オーバーエッチング工程ではHおよびOを構成元素とするガスの添加によりマイクロローディング効果の防止が可能であることは第1の発明と同様である。

【0019】第3の発明においては、被エッチング基板を室温以下の低温に制御していることからラジカル反応が抑制される。加えて、エッチングと競合して起こる被エッチング層上へのイオウの堆積により、1ステップのエッチバックではあるがローディング効果が極めて効果的に軽減され、コンタクトプラグ浸食はほとんど確認されなくなる。さらに、ブランケットCVDによるW等の高融点金属層表面の凹凸は、凹部へはイオウ系材料が堆積するとともに、凸部に堆積するイオウは直ちにスパッ

タリング除去され、露出する凸部が選択的にエッチングされて平滑化されながらエッチバックが進行する。この結果、高融点金属層の表面モホロジがバリア層や層間絶縁膜に転写され表面粗れを起こすことがない。したがって、後工程で形成する上層配線の表面も平坦化され配線の信頼性が向上する。放電電離条件下でプラズマ中に遊離のイオウ(S)を放出しうるイオウ系化合物に加え、さらにN<sub>2</sub>等のN系ガスを添加すれば、被エッチング基板上に(SN)<sub>n</sub>(ポリチアジル)をはじめとする窒化イオウ系化合物を堆積しつつエッチングを進めることが可能である。ポリチアジルの堆積膜は、イオウよりさらに強力な表面保護効果を発揮する。N系ガスとしては、N<sub>2</sub>の他にN<sub>2</sub>H<sub>2</sub>やその誘導体およびNF<sub>3</sub>等を用いることができる。なおここで堆積したイオウ系材料は、エッチバック終了後に被エッチング基板を加熱することにより昇華除去することが可能であり、被エッチング基板上に何らコンタミネーションやパーティクル汚染を残すことがない。昇華温度は、減圧雰囲気中でイオウで約90℃、ポリチアジルでは約150℃である。

#### 【0020】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき添付図面を参照して説明する。なお従来技術の説明で参照した図3と同様の構成部分については同じ参照番号を付すものとする。

#### 【0021】実施例1

本実施例は第1の発明を適用し、ブランケットCVDにより形成されたWからなる高融点金属層をSF<sub>6</sub>とH<sub>2</sub>Oとの混合ガスでエッチバックしてコンタクトプラグを形成した例であり、これを図1(a)～(c)を参照して説明する。まず一例として図1(a)に示すように、予め不純物拡散層2等の能動領域を形成したSi等の半導体基板1上に、SiO<sub>2</sub>等の層間絶縁膜3を形成し、この不純物拡散層2に臨む接続孔6を開口する。なお、層間絶縁膜3の厚さは例えば0.7μm、接続孔6の開口径は0.35μmである。次に全面にTiとTiNをこの順にスパッタリングないしは反応性スパッタリングしてコンフォーマルなバリア層4を被着する。密着層兼バリア金属層4の厚さは合わせて例えば70nmである。さらに、接続孔6を埋め込みかつ層間絶縁膜3上のバリア層4をも被覆して略平坦面を形成するとく、ブランケットCVDによりWからなる高融点金属層5を形成する。このブランケットCVDは、一例として下記条件によって形成した。まず、

WF <sub>6</sub>	25	sccm
SiH <sub>4</sub>	10	sccm
ガス圧力	1.1×10 <sup>4</sup>	Pa
基板温度	475	℃
の条件で20秒間、Wの核形成を全面に行った後、		
WF <sub>6</sub>	60	sccm
H <sub>2</sub>	360	sccm

ガス圧力	1.1×10 <sup>4</sup>	Pa
基板温度	475	℃

の条件に切り替えて厚く堆積する。なお、密着層兼バリア金属層上の高融点金属層5の厚さは、例えば0.3μmである。接続孔の直上には、成長表面の合わせ目であるシームが形成されている。

【0022】次に本発明の特徴部分であるエッチバック工程に入る。上記被エッチング基板を有磁場マイクロ波プラズマエッチング装置の基板ステージ上にセットし、一例として下記条件で高融点金属層5のエッチバックを行う。

SF <sub>6</sub>	40	sccm
H <sub>2</sub> O	10	sccm
ガス圧力	1.3	Pa
マイクロ波パワー	850	W(2.45GHz)
RFバイアスパワー	200	W(2.0MHz)
被エッチング基板温度	常温	

このエッチバック工程においては、SF<sub>6</sub>の解離によりプラズマ中に生成するF<sup>\*</sup>によるラジカル反応が、SF<sub>x</sub><sup>+</sup>、O<sup>+</sup>等のイオンにアシストされる機構でエッチングが進行する。また同じくプラズマ中に生成するH原子によるF<sup>\*</sup>の捕捉や、反応生成物として蒸気圧の比較的小さいWOF<sub>x</sub>が生成することにより、エッチングの形態は、従来のSF<sub>6</sub>によるラジカルモード主体のエッチングに比較して、イオンアシスト反応を主体としたモードとなっているので、エッチングレートは若干小さい。

【0023】したがって、Ti/TiNからなるバリア層4の表面が先に露出した領域においても、接続孔6部分に残った高融点金属層5表面にラジカル主体のエッチャントが集中してローディング効果による異常浸食が発生することがなく、接続孔6内は平坦に埋め込まれた。エッチバック終了後の状態を図1(b)に示す。

【0024】バリア層の除去が必要な場合には、次にエッチング条件を切り替え、層間絶縁膜3上のバリア層4を下記条件でエッチバックする。バリア層4は、図1(b)の状態から直ちにAl系金属等からなる上層配線層(図示せず)を堆積し、上層配線層とともにパターンニングしてもよい。

Cl <sub>2</sub>	40	sccm
O <sub>2</sub>	10	sccm
ガス圧力	1.3	Pa
マイクロ波パワー	850	W(2.45GHz)
RFバイアスパワー	200	W(2.0MHz)
被エッチング基板温度	常温	

バリア層4のエッチングは接続孔6内に残った高融点金属層5や層間絶縁膜3との選択性を保って進行し、この結果、図1(c)に示すように接続孔6内は高融点金属層5と密着層兼バリア金属層4により平坦に埋め込まれたコンタクトプラグが完成し、異常浸食部の発生はみられなかった。

【0025】本実施例では、エッチングレートこそ若干小さいものの、ローディング効果による異常な浸食部のない、平坦な埋め込み表面を有するコンタクトプラグが形成できる。また高融点金属層のエッチバックを一段階で、しかも単一のエッチングガスで処理できることはプロセスの簡略化に寄与する。

#### 【0026】実施例2

本実施例は第2の発明を適用し、ブランケットCVDにより形成したW層のエッチバックを下地が露出する直前までのジャストエッチング工程と、 $H_2$   $O_2$  の添加によるオーバーエッチング工程の2段階エッチングを行った例である。このプロセスを図2を参照して説明する。なお図2(a)に示す被エッチング基板は前実施例1で用いた図1(a)に示す被エッチング基板と同様であるので、重複する説明を省略する。

【0027】図2(a)に示す被エッチング基板を、一例として下記第1の混合ガスを用いたエッチング条件により第1のエッチバック工程を施し、下地である層間絶縁膜3上のバリア層4が露出する直前でエッチングを停止した。この時の終点は、予め同一エッチング条件で高融点金属層5のエッチングレートを求めておき、経過時間により決定した。

SF <sub>6</sub>	50	sccm
ガス圧力	1.3	Pa
マイクロ波パワー	850	W (2.45GHz)
RFバイアスパワー	200	W (2.0MHz)
被エッチング基板温度	室温	

このジャストエッチング工程においては、SF<sub>6</sub>の解離によりプラズマ中に大量に生成するF<sup>\*</sup>によるラジカル反応が、SF<sub>x</sub><sup>+</sup>等のイオンにアシストされる機構でエッチングが進行するので、エッチングレートは大きい。この結果、図2(b)に示すように、高融点金属層5の厚さ方向の大部分はエッチングされ、高融点金属層残余部5aが僅かに残される。

【0028】次に一例としてエッチング条件を下記のように切り替え、 $H_2$   $O_2$  を添加した混合ガスを用いて高融点金属層の残余部5aをエッチバックし、層間絶縁膜3上のバリア層4が露出した時点で停止する。

SF <sub>6</sub>	35	sccm
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	15	sccm
ガス圧力	1.3	Pa
マイクロ波パワー	850	W (2.45GHz)
RFバイアスパワー	200	W (2.0MHz)
被エッチング基板温度	室温	

この第2のエッチバック工程はオーバーエッチング工程であり、 $H_2$   $O_2$  を添加したことによりエッチング反応系のラジカル性が弱められることによりラジカル反応性が抑制され、ローディング効果は効果的に防止される。この結果、図2(c)に示すように、接続孔6内には高融点金属層5が平坦に埋め込まれ、異常浸食の発生

はなかった。

【0029】高融点金属層5のエッチバック終了後、必要に応じて層間絶縁膜3上に露出しているバリア層4を実施例1と同じエッチング条件で除去し、図2(d)に示すように接続孔6内は高融点金属層5とバリア層4によるコンタクトプラグが平坦に埋め込まれ、浸食部の発生はみられなかった。

【0030】本実施例によれば、高速エッチバックによるジャストエッチング工程と、ローディング効果のないオーバーエッチング工程とを組み合わせることにより、スループットに優れ、また平坦性に富んだコンタクトプラグの形成が可能であり、極めて実用的なプロセスを実現できる。

#### 【0031】実施例3

本実施例は第3の発明を適用し、ブランケットCVDにより形成されたWからなる高融点金属層を、 $H_2$  OとS<sub>2</sub> F<sub>2</sub>の混合ガスによりエッチバックしてコンタクトプラグを形成した例であり、これを再び図1(a)～(c)を参照して説明する。

【0032】図1示す被エッチング基板を有磁場マイクロ波プラズマエッチング装置の基板ステージ上にセットし、一例として下記条件で高融点金属層5のエッチバックをおこなう。

S <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	40	sccm
H <sub>2</sub> O	10	sccm
ガス圧力	1.3	Pa
マイクロ波パワー	850	W (2.45GHz)
RFバイアスパワー	200	W (2.0MHz)
被エッチング基板温度	0℃	

このエッチバック工程においては、主としてS<sub>2</sub> F<sub>2</sub>の解離によりプラズマ中に生成するF<sup>\*</sup>によるラジカル反応が、SF<sup>+</sup>、O<sup>+</sup>等のイオンにアシストされる機構でエッチングが進行する。被エッチング基板温度が低温制御されているのでラジカル反応性が抑制されること、およびS<sub>2</sub> F<sub>2</sub>の放電解離により生成するイオウが高融点金属層5表面に堆積する過程とスパッタリング除去される過程が競合していること等の理由により、ローディング効果は極めて効果的に防止される。また、イオウの堆積とスパッタリング除去が競合することにより、エッチバック進行中の高融点金属層5表面は平滑化され、高融点金属層5のモホロジがバリア層4に転写されることがない。

【0033】エッチバック終了後の状態を図1(b)に示す。この後、必要に応じて露出したバリア層4を実施例1と同様に除去する。この結果、異常浸食のない良好な形状のコンタクトプラグが図1(c)に示すように形成された。

【0034】本実施例によれば、マイクロローディング効果の防止に加え、エッチバックされた下地のバリア層4あるいは層間絶縁膜3の表面モホロジの向上の効果も



得られる。

【0035】以上、本発明を3例の実施例により説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。例えば、実施例中では接続孔内への高融点金属層の埋め込みによるコンタクトプラグの形成プロセスを例にとって説明したが、多結晶シリコン等下層配線上の層間絶縁膜に形成したヴァイアホール内への埋め込みプロセスに適用してもよい。また接続プラグのみならず、高融点金属を用いる各種電極・配線の形成にも適用しう

る。

【0036】高融点金属層5としてWを例示したが、Mo、Ta等他の高融点金属であってもよい。またバリア層4はTi/TiNを例示したが、TiW、TiSix等、下地や高融点金属層の材料に応じて各種材料を適宜選択してよい。

【0037】HおよびOを構成元素とするガスとしてH<sub>2</sub>Oを例示したが、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を用いることが可能である。

【0038】フッ素系化学種を発生しうるガスとしては実施例で例示したSF<sub>6</sub>の他にNF<sub>3</sub>、ClF<sub>3</sub>、XeF<sub>2</sub>等F原子を有する化合物を使用できる。その他、添加ガスとしてHe、Ar等希ガスをいれればスパッタリング、冷却、希釈および放電の安定性等の各効果が得られる。

【0039】さらに、使用するエッチング装置として基板バイアス印加型のECRプラズマエッチング装置を採り上げたが、平行平板型RIE装置、ヘリコン波プラズマエッチング装置、ICP(Inductively Coupled Plasma)エッチング装置、TCP(Transformer Coupled Plasma)エッチング装置等、各種エッチング装置を使用可能であることは言うまでもない。

【0040】さらに、エッチング条件、被エッチング基板の構成等は適宜変更可能であることは言うまでもない。

#### 【0041】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明は高融点金属層のエッチバックによるコンタクトプラグの形成方法において、エッチングガスとしてHおよびOを構成元素とするガスおよびフッ素系化学種を発生しうるガスとの混合ガスを用いることにより、オーバーエッチング時の過剰F<sup>\*</sup>に起因するローディング効果を防止することができる。

【0042】また、同じく高融点金属層のエッチバックによるコンタクトプラグの形成方法において、ジャストエッチング工程はフッ素系化学種を発生しうるガスを主体として用い、オーバーエッチング工程ではHおよびOを構成元素とするガスとフッ素系化学種を発生しうるガスとの混合ガスに切り替えて2段階エッチングを採用することにより、オーバーエッチング時のローディング効果を防止できると共に、ジャストエッチング工程で

の高速エッチングを達成できる。

【0043】さらに、同じく高融点金属層のエッチバックによるコンタクトプラグの形成方法において、HおよびOを構成元素とするガスと、S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>等の放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを生成しうるガスとの混合ガス用い、被エッチング基板上にイオウを堆積しながらエッチングすることにより、オーバーエッチング時のローディング効果をさらに効果的に防止できることはもとより、エッチバックした高融点金属層の表面を極めて平滑に形成することが可能となる。

【0044】上記効果により、ブランケットCVD膜の堆積およびそのエッチバックによりW等の高融点金属を接続孔内に埋め込むコンタクトプラグの形成が信頼性高く達成でき、埋め込まれたコンタクトプラグの表面は平坦性に優れ、またミクロに見た表面の平滑性も達成することも可能となる。このため、コンタクトプラグ上に形成する上層配線との低抵抗のオーミックコンタクトが実現できる。ブランケットCVDによる高融点金属層の表面モホロジが層間絶縁膜に転写されることがないので、エッチバック後の層間絶縁膜の表面も平坦かつ平滑である。このため、層間絶縁膜上に形成する上層配線のパターンニングリソグラフィ時に露光の乱反射等がなく、精度のよい加工ができる。

【0045】このため、微細な設計ルールに基づく多層配線の層間接続を信頼性高く行うことができ、本発明が高集積度半導体装置等の製造プロセスに与える寄与は大きい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した実施例1および3を、その工程順に説明する概略断面図であり、(a)は接続孔を有する層間絶縁膜上全面にバリア層および高融点金属層を形成した状態であり、(b)は高融点金属層をエッチバックし接続孔内に埋め込んだ状態、(c)は露出したバリア層をエッチバックして除去し、コンタクトプラグが完成した状態である。

【図2】本発明を適用した実施例2を、その工程順に説明する概略断面図であり、(a)は接続孔を有する層間絶縁膜上全面にバリア層および高融点金属層を形成した状態であり、(b)は高融点金属層に第1のエッチバックを施した状態、(c)は高融点金属層に第2のエッチバックを施して接続孔内に埋め込んだ状態、(d)は露出したバリア層をエッチバックして除去し、コンタクトプラグが完成した状態である。

【図3】ブランケットCVDによる高融点金属層のエッチバックにおける従来のプロセスの問題点を説明する図であり、(a)は接続孔を有する層間絶縁膜上全面にバリア層と高融点金属層を形成した状態であり、(b)はローディング効果により高融点金属層の異常浸食が発生した状態、(c)は密着層兼バリア金属層除去時に異常浸食が発生した状態である。

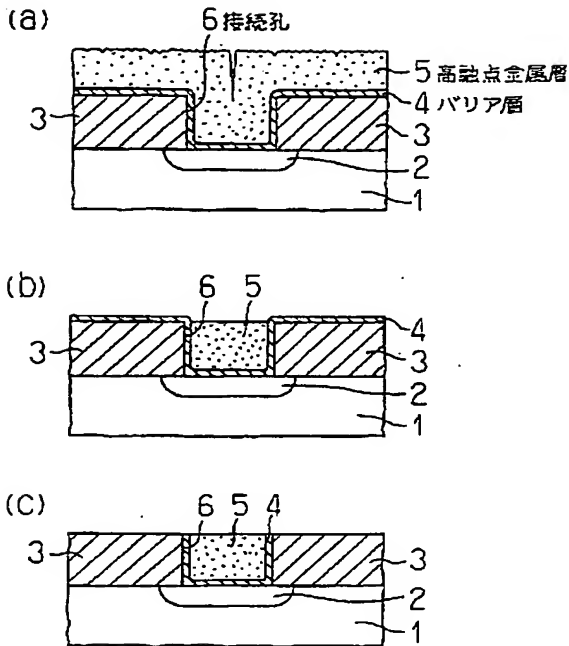


13

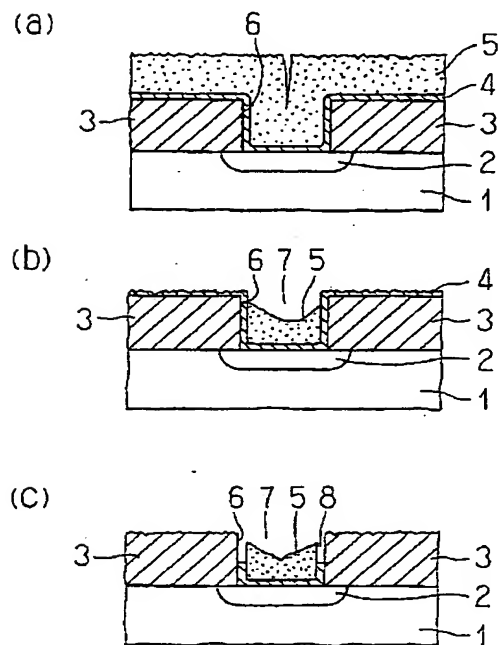
## 【符号の説明】

- 1 半導体基板  
2 拡散層  
3 層間絶縁膜  
4 バリア層

【図 1】



【図 3】



14

- 5 高融点金属層  
5 a 高融点金属層の残余部  
6 接続孔  
7 高融点金属層の浸食部  
8 バリア層の浸食部

【図 2】

